

529,065  
24 MAR 2005

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
15. April 2004 (15.04.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/032255 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H01L 41/107**

Alexandre [RU/AT]; Hauptplatz 2, A-8530 Deutschlands-  
berg (AT).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/003239

(22) Internationales Anmeldedatum:  
29. September 2003 (29.09.2003)

(74) Anwalt: EPPING HERMANN FISCHER PATENTAN-  
WALTSGESELLSCHAFT MBH; P.O. Box 200734,  
80007 Munich (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): CN, JP, US.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(30) Angaben zur Priorität:  
102 45 130.3 27. September 2002 (27.09.2002) DE

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-  
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): EPCOS AG [DE/DE]; St.-Martin-Str. 53, 81669  
München (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GLAZOUNOV,

(54) Title: PIEZOELECTRIC TRANSFORMER PROVIDED WITH INTERNAL COPPER ELECTRODES

(54) Bezeichnung: PIEZOELEKTRISCHER TRANSFORMATOR MIT CU-INNENELEKTRODEN

(57) Abstract: The invention relates to a piezoelectric transformer comprising at least two ceramic elements and a copper-based electrode which is arranged therebetween. The inventive ceramic elements are made of a compound containing  $\text{Pb}(\text{Zr}_x \text{Ti}_{1-x})\text{O}_3 + y \text{Pb}(\text{Mn}_{1/3} \text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ .

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen piezoelektrischen Transformator mit mindestens zwei Keramikelementen und einer zwischen den zwei Keramikelementen angeordneten kupferhaltigen Elektrode. Die Erfindung schlägt vor, die Keramikelemente aus einer  $\text{Pb}(\text{Zr}_x \text{Ti}_{1-x})\text{O}_3 + y \text{Pb}(\text{Mn}_{1/3} \text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$  enthaltenden Zusammensetzung zu wählen.



WO 2004/032255 A2

## Beschreibung

### Piezoelektrischer Transformator mit Cu-Innenelektroden

Die vorliegende Erfindung betrifft einen mehrschichtigen piezoelektrischen Transformator, enthaltend einen Bleizirkonat-Titanat,  $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$  oder PZT, Keramikkörper und innenliegende Kupferelektroden, und ferner ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Transformators.

Piezoelektrische Transformatoren wurden im Jahr 1954 von Rosen et al. erfunden (US-Patent 2,830,274). Ihre prinzipielle Arbeitsweise besteht darin, zuerst ein elektrisches Eingangssignal in mechanische Schwingungen des Transformatorkörpers umzuwandeln und anschließend die Energie der mechanischen Schwingungen in ein elektrisches Ausgangssignal zurückzuwandeln. Die zweifache Energieumwandlung passiert mittels des piezoelektrischen Effekts. Die Wirkung des Transformators, d.h. der Spannungsanstieg wird erreicht durch Benutzung von Eigenschaften des Keramikmaterials, wie des mechanische Qualitätsfaktors  $Q_m$ , der elektromechanische Koppelkoeffizienten  $k_{ij}$ , und einer Struktur des Transformators wie des Elektrodenabstands in seinem primären und sekundären Teil.

Seitdem wurde eine große Anzahl von technischen Veröffentlichungen publiziert und in der ganzen Welt wurde eine hohe Anzahl von Patenten erteilt, welche folgende Ziele verfolgten: (i) neue Entwürfe von piezoelektrischen Transformatoren, (ii) neue piezoelektrische Materialien für die Anwendung in Transformatoren, und (iii) elektronische Schaltkreise, welche piezoelektrische Transformatoren enthalten. Insbesondere wurden mehrschichtige piezoelektrische Transformatoren entwickelt, bestehend aus piezoelektrischen Keramiken, welche mit innenliegenden Metallelektroden gemeinsam gesintert sind. Der Vorteil des Vielschichtentwurfs ist die Möglichkeit, das Spannungsanstiegsverhältnis durch Einstellung des Abstands zwischen den Innenelektroden in dem primären oder sekundären

Teil anzuheben. Somit kann bei einem vorgegebenen Spannungsanstiegsverhältnis die Größe des Transformators durch Nutzung der Vielschichtstruktur reduziert werden.

Dieses starke Interesse an piezoelektrischen Transformatoren kann erklärt werden durch den Glauben, daß diese Komponenten elektromagnetische Transformatoren in vielen Anwendungen ersetzen können, zuerst dort, wo eine vergleichsweise geringe Leistung unter 20 W und eine geringe Größe des Transformators erforderlich ist. Solche Anwendungen umfassen (i) Hintergrundbeleuchtungsinverter für Flüssigkristallanzeigen in Laptops und kürzlich in "Hand-held-Organizers", Video- und Fotokameras, (ii) Vorschaltgeräte für fluoreszierende Lampen und (iii) Wechselstrom-Gleichstrom-Wandler für Mobiltelefone, Laptops und andere wiederaufladbare handgehaltene Geräte.

Es werden die folgenden Vorteile von piezoelektrischen Transformatoren gegenüber elektromagnetischen genannt:

(i) hohe Leistungsdichte des piezoelektrischen Materials, welches den Aufbau eines kompakten Transformators mit kleineren Dimensionen ermöglicht, insbesondere einer kleineren Dicke als die der elektromagnetischen Transformatoren;

(ii) geringer Energieverlust und daher eine höhere Effizienz des Transformators. Anders als die elektromagnetischen Transformatoren enthalten die piezoelektrischen Transformatoren keine Verdrahtung im primären und sekundären Teil und sind daher frei von verdrahtungsbedingten Verlusten, wie Verluste durch Induktionsströme und den Skineffekt in Metallen;

(iii) höhere Zuverlässigkeit, welche zusammenhängt mit dem reduzierten Risiko eines Kurzschlusses zwischen dem primären und dem sekundären Teil aufgrund des Nichtvorhandenseins von Verdrahtungen;

(iv) piezoelektrische Transformatoren erzeugen kein elektromagnetisches Rauschen und stören daher keine angrenzenden Schaltungen, die empfindlich gegenüber magnetischen Feldern sein können.

Trotz der oben genannten technischen Vorteile von piezoelektrischen Transformatoren haben die elektromagnetischen Transformatoren einen bezeichnenden Vorteil: niedrige Herstellungskosten aufgrund der Produktion großer Stückzahlen über lange Zeiten, welche merklich geringer sind als die Herstellungskosten von mehrschichtigen piezoelektrischen Transformatoren. Die vergleichsweise hohen Herstellungskosten der piezoelektrischen Transformatoren werden zu einem größeren Teil bestimmt durch die Kosten für teure Metallelektroden, welche typischerweise aus Platin oder aus einer Silber/Palladium-Legierung gefertigt sind. Solche teuren Metalle werden benötigt für die Gemeinsamsinterung mit PZT-Keramiken bei hohen Temperaturen zwischen 1100 und 1200° C, welche erforderlich sind, um dichte PZT-Keramiken mit guten Eigenschaften, wie hohe piezoelektrische Koppelkoeffizienten herzustellen.

Um die Gemeinsamsinterung keramischer Materialien mit Elektroden aus billigen Metallen, wie Silber oder Kupfer zu ermöglichen, muß die Sintertemperatur der Keramiken unter den Schmelzpunkt des Metalls, welcher für Kupfer 1085° C und für Silber 962° C beträgt, gesenkt werden. Zusätzlich dazu, falls Kupferelektroden verwendet werden, muß das Sintern in einer Inertatmosphäre stattfinden, um die Oxidation von Kupfer zu vermeiden. Gemeinsamsinterung von Keramiken mit Silberelektroden kann in oxidierender Atmosphäre (Luft) stattfinden.

Zur Zeit kann auf die folgenden vier Veröffentlichungen Bezug genommen werden, welche die Gemeinsamsinterung piezoelektrischer Keramiken mit Kupfer oder Silber behandeln.

Es gibt zwei Veröffentlichungen, welche die Methode der Sinterung von piezoelektrischen Keramiken bei 900° beschreiben,

insbesondere die Methode der Herstellung eines mehrschichtigen piezoelektrischen Transformators mit innenliegenden Silberelektroden. In dem US-Patent 5,792,379 wird eine Sinterung bei 900° C erreicht durch Mischen einer PZT-Keramik mit einer speziell präparierten Glasfritte, die aus einer Kombination von  $B_2O_3$ ,  $Bi_2O_3$ , Cu und gleichartiger anderer Metalloxide, wie ZnO, BaO, etc. zusammengesetzt ist.

In der anderen Patentanmeldung WO 200121548 wird Sinterung bei 900° C erreicht durch Mischung von PZT-Keramiken mit einer Kombination von  $Bi_2O_3$  und CdO, welche eine geringe Schmelztemperatur aufweist und daher die Verdichtung der PZT-Keramik unterstützt. Es wurde beansprucht, daß der Vorteil der Verwendung von  $Bi_2O_3$  und CdO anstelle von Glasfritte wäre, daß sowohl Bi als auch Cd in das Kristallgitter von PZT eingebaut werden können und daher keine unerwünschten sekundären Phasen bilden sollten, welche für die Eigenschaften der Keramik nachteilig sein können. In beiden Arbeiten wird eine dichte Keramik durch Sinterung bei 900° C erreicht.

Jedoch hatten die in den beiden Patenten beschriebenen Keramiken schlechte Eigenschaften, insbesondere vergleichsweise niedrige Werte der elektromechanischen Koppelkoeffizienten  $k_p = 0,45 - 0,47$ , mechanische Qualitätsfaktoren  $Q_m = 500 - 650$  und dielektrische Konstanten  $\epsilon_{33} = 400 - 550$ . Die niedrigen Werte dieser Materialparameter können schlechte Charakteristiken der Transformatoren zur Folge haben, wie ein niedriges Spannungsanstiegsverhältnis, niedrige Leistung und niedrige Effizienz. Solche schlechten Eigenschaften der Keramiken können die Folge von Sinterung von Keramiken bei niedrigen Temperaturen von 900° C sein. Besonders bei niedrigen Temperaturen könnte das Kornwachstum eingeschränkt sein und niedrige Diffusionsraten könnten keine homogene Verteilung von Zirkon und Titan im Kristallgitter von PZT bereitstellen.

Angesichts dessen mag Gemeinsamsinterung mit Kupferelektroden als eine bessere technologische Möglichkeit für die Herstel-

lung von mehrschichtigen piezoelektrischen Transformatoren mit hoher Leistung erscheinen, da höhere Sintertemperaturen von 1000° C anstelle von 900° C zu PZT-Keramiken mit besseren Eigenschaften führen sollten.

Es kann Bezug genommen werden auf zwei Patentanmeldungen, welche die Gemeinsamsinterung von mehrschichtigen piezoelektrischen Keramikbauteilen mit inneren Kupferelektroden beschreiben. Eine dieser, DE 19946834-A1 beschreibt einen mehrschichtigen piezoelektrischen Aktor mit innenliegenden Kupferelektroden und ein Verfahren zur Herstellung desselben. Es ist beschrieben, daß es möglich ist, mehrschichtigen piezoelektrische Aktoren mit innenliegenden Kupferelektroden herzustellen, jedoch werden keine spezifischen Details angegeben, wie das zu erreichen sei.

Eine andere Patentanmeldung, DE 10062672-A1 beschreibt mehrschichtige piezoelektrische Komponenten mit innenliegenden Kupferelektroden und das Verfahren zur Herstellung derselben. Zuerst beschreibt diese Anmeldung detailliert das Verfahren der Gemeinsamsinterung von piezoelektrischen Keramiken mit innenliegenden Kupferelektroden, welches Komponenten von hoher Dichte und hoher Leistung ergibt. Als zweites betrifft die Veröffentlichung mehrschichtige piezoelektrische Komponenten im allgemeinen, welche auch Vielschichttransformatoren umfassen können. Das Verfahren zur Herstellung solcher Komponenten ist für mehrschichtige piezoelektrische Aktoren beschrieben.

Der Hauptunterschied zwischen piezoelektrischen Aktoren und piezoelektrischen Transformatoren ist der, daß die erstgenannten, insbesondere die Aktoren, die in DE 10062672-A1 beschrieben sind, aus einer sogenannten "soft"-piezoelektrischen Keramik gefertigt sind. "soft"-piezoelektrische Keramiken werden erhalten durch Dotierung einer Grundzusammensetzung  $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$  mit wenigen Mol-% von Donatorzusätzen, welche hochvalente Kationen sind wie  $\text{Nd}^{3+}$  als Ersatz für  $\text{Pb}^{2+}$

wie in der Patentanmeldung DE 10062672-A1 beschrieben.

"Soft"-piezoelektrische Keramik unterscheidet sich durch hohe Werte des piezoelektrischen Ladungskoeffizienten  $d_{ij}$  und der dielektrischen Konstante  $\epsilon_{ij}$ , jedoch gleichzeitig durch hohe dielektrische und mechanische Verluste, welche durch  $\tan \delta$  und den reziproken mechanischen Qualitätsfaktor  $1/Q_m$  repräsentiert werden. Hohe mechanische Verluste implizieren niedrige mechanische Qualitätsfaktoren  $Q_m$ . Insbesondere hat eine PZT-Keramik, welche mit Nd dotiert ist, ein  $\tan \delta > 2 \%$  und ein  $Q_m = 50 - 70$ . Solche Werte sind für die Anwendung in piezoelektrischen Transformatoren ungeeignet, weil solche Transformatoren eine niedrige Effizienz aufweisen werden.

Piezoelektrische Transformatoren werden üblicherweise hergestellt durch Verwendung von "hard"-piezoelektrischen Keramiken. "Hard"-Keramik wird erhalten durch Dotieren der Grundzusammensetzung  $Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3$  mit wenigen Mol-% eines Akzeptorzusatzes, welcher ein niedervalentes Kation ist, so wie  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Ne^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Li^{1+}$  {als Ersatz für  $Zr^{4+}$  oder  $Ti^{4+}$ } oder  $Ag^{1+}$  (als Ersatz für  $Pb^{2+}$ ). "Hard"-PZT-Keramiken sind charakterisiert durch niedrige mechanische ( $Q_m = 1000 - 2000$ ) und dielektrische ( $\tan \delta = 0,3 - 0,4 \%$ ) Verluste.

Bis jetzt wurden alle bekannten Zusammensetzungen von "hard"-piezoelektrischen Keramiken entwickelt für Keramiken, die in oxidierender Atmosphäre (Luft) gesintert werden. Bis jetzt wurde nicht untersucht, wie die Eigenschaften von "Hard"-PZT-Keramiken, welche mit solchen Zusätzen dotiert sind, während des Sinterns in Inertatmosphäre geändert werden. Die Patentanmeldung DE 10062672-A1 lehrt lediglich die Herstellung von "soft"-piezoelektrischen Keramiken. Es ist möglich, daß Gemeinsamsinterung in einer Inertatmosphäre nachteilig für die piezoelektrischen Eigenschaften von "Hard"-PZT-Keramiken ist, was möglicherweise die Keramiken ungeeignet für Anwendungen in piezoelektrischen Transformatoren macht.

Die vorliegende Erfindung beschreibt mehrschichtige piezoelektrische Transformatoren, welche hergestellt werden durch Gemeinsamsinterung von "hard"-piezoelektrischen Keramiken mit innenliegenden Kupferelektroden. Die Verwendung von Kupferelektroden muß die Herstellungskosten des Transformators wesentlich reduzieren, was sie auf dem Markt konkurrenzfähiger machen sollte. Dies sollte als hauptsächliche Verbesserung betrachtet werden verglichen mit Vielschichttransformatoren, welche mit Silber/Palladium oder innenliegenden Platinelektroden gemeinsam gesintert werden.

Die vorliegende Erfindung weist einen Vorteil gegenüber einer Technologie, wo mehrschichtige piezoelektrische Transformatoren mit innenliegenden Silberelektroden hergestellt werden, darin auf, daß höhere Temperaturen für die Gemeinsamsinterung, nämlich 1000° C gegenüber 900° C in Keramiken mit verbesserten Eigenschaften resultieren. Dies liegt daran, daß höhere Temperaturen das Kornwachstum und eine homogenere Verteilung von Zirkon und Titan im Kristallgitter von PZT fördern.

Verglichen mit der existierenden Technologie von mehrschichtigen piezoelektrischen Transformatoren besteht die Erfindung darin, daß Kupferelektroden mit "hard"-piezoelektrischen Keramiken gemeinsam gesintert werden.

Die Herstellungsmethode ausgehend vom Pulver bis zur Gemeinsamsinterung der Keramiken mit Kupferelektroden wurde von der Patentanmeldung von EPCOS, DE 10062672-A1 übernommen. Verglichen mit dieser Arbeit weist die vorliegende Erfindung die Neuheit auf, daß sie "hard"-piezoelektrische Keramiken anstelle der dort beschriebenen "Soft"-Keramiken verwendet.

Mehrschichtige piezoelektrische Transformatoren mit innenliegenden Kupferelektroden wurden erfolgreich hergestellt. Die Transformatoren weisen verschiedene Entwürfe auf, die unterschiedliche Formgebungen und unterschiedliche Elektrodenfor-



men enthalten. Bis jetzt wurden nur Transformatoren eines einzigen Entwurfs charakterisiert. Die Charakteristiken des Transformators stimmen mit den Anforderungen von Anwendungen in Wechselstrom-Gleichstrom-Wandler überein, für welche dieser Transformator entworfen wurde.

Die Keramikzusammensetzung hat die allgemeine Formel  $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3 + y \text{Pb}(\text{Mn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ . Diese Zusammensetzung ist im Stand der Technik bekannt und hat Eigenschaften, die für die Anwendung in piezoelektrischen Transformatoren geeignet sind. Der Entwurf für den Transformator, eingeschlossen die Formgebung der Elektroden, kann so wie sie für die Anwendung des Kunden gebraucht wird gewählt werden, für den der Transformator hergestellt wurde. Der Verfahrensablauf, eingeschlossen die Entfernung eines anorganischen Binders und die Einstellung der Inertatmosphäre während des Sinterns ist beschrieben in der Patentanmeldung DE 10062672-A1.

Die Erfindung nutzt den Schritt des Sinterns einer "Hard"-PZT-Keramik in der Inertatmosphäre bei 1000° C, welcher zu einer Dichte der Keramik führt, welcher größer ist als die von Keramiken mit derselben chemischen Zusammensetzung, jedoch gesintert bei 1000° C in einer oxidierenden Atmosphäre, beispielsweise Luft. Die Möglichkeit, "Hard"-PZT-Keramik mit hoher Dichte durch Sintern in der Inertatmosphäre zu erhalten, vereinfacht den Herstellungsprozeß des Transformators, da keine Zusätze wie im Stand der Technik beschrieben benötigt werden. Diese Zusätze wurden entwickelt, um die Sinter-temperatur der Keramik in der oxidierenden Atmosphäre, beispielsweise Luft zu reduzieren.

Das Sintern in der Inertatmosphäre verbessert die Eigenschaften der "hard"-piezoelektrischen Keramik, die von entscheidender Bedeutung für die Anwendung in piezoelektrischen Transformatoren sind. Insbesondere werden die dielektrischen Verluste vermindert und der elektromechanische Koppelkoeffizient wird verglichen mit Keramiken mit derselben chemischen

Zusammensetzung, welche bei 1000° C in oxidierender Atmosphäre (Luft) gesintert wurden, erhöht.

## Patentansprüche

1. Piezoelektrischer Transformator mit mindestens zwei Keramikelementen aus einer  $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3 + y \text{Pb}(\text{Mn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$  enthaltenden Zusammensetzung und einer zwischen den zwei Keramikelementen angeordneten Elektrode, bei dem die Elektrode Kupfer enthält.
2. Transformator nach Anspruch 1, das aus keramischen Grünfolien hergestellt ist, welche einen thermohydrolytisch abbaubaren Binder enthalten.
3. Transformator nach Anspruch 2, bei dem der Binder eine Polyurethandispersion ist.

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
15. April 2004 (15.04.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/032255 A3

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01L 41/107

(74) Anwalt: EPPING HERMANN FISCHER PATENTAN-  
WALTSGESELLSCHAFT MBH; P.O. Box 200734,  
80007 Munich (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/003239

(22) Internationales Anmeldedatum:  
29. September 2003 (29.09.2003)

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): CN, JP, US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

**Veröffentlicht:**

(30) Angaben zur Priorität:  
102 45 130.3 27. September 2002 (27.09.2002) DE

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen  
eintreffen

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): EPCOS AG [DE/DE]; St.-Martin-Str. 53, 81669  
München (DE).

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen  
Recherchenberichts: 16. September 2004

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GLAZOUNOV,  
Alexandre [RU/AT]; Hauptplatz 2, A-8530 Deutschlands-  
berg (AT).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: PIEZOELECTRIC TRANSFORMER PROVIDED WITH INTERNAL COPPER ELECTRODES

(54) Bezeichnung: PIEZOELEKTRISCHER TRANSFORMATOR MIT CU-INNENELEKTRODEN

(57) Abstract: The invention relates to a piezoelectric transformer comprising at least two ceramic elements and a copper-based electrode which is arranged therebetween. The inventive ceramic elements are made of a compound containing  $\text{Pb}(\text{Zr}_x \text{Ti}_{1-x})\text{O}_3 + y \text{Pb}(\text{Mn}_{1/3} \text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ .

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen piezoelektrischen Transformator mit mindestens zwei Keramikelementen und einer zwischen den zwei Keramikelementen angeordneten kupferhaltigen Elektrode. Die Erfindung schlägt vor, die Keramikelemente aus einer  $\text{Pb}(\text{Zr}_x \text{Ti}_{1-x})\text{O}_3 + y \text{Pb}(\text{Mn}_{1/3} \text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$  enthaltenden Zusammensetzung zu wählen.



WO 2004/032255 A3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte Application No

PCT/EP 03/03239

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L41/107

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L H04R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 100 62 672 A (EPCOS AG) 2 August 2001 (2001-08-02) cited in the application page 2, lines 3-10; claims 1-3,7,8,16 page 3, lines 34-46	1-3
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 13, 30 November 1999 (1999-11-30) - & JP 11 228223 A (TOTO LTD), 24 August 1999 (1999-08-24) abstract	1-3

-/--

☒

Further documents are listed in the continuation of box C.

☒

Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 July 2004

Date of mailing of the international search report

05/08/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Laenen, R

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte Application No

PCT/DE 03/03239

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 395 018 A (HITACHI LTD ; HITACHI METALS LTD (JP)) 31 October 1990 (1990-10-31) column 2, lines 11-34 column 3, lines 3-26 column 9, lines 16-50 column 10, lines 9-13 column 14, lines 25-35 -----	1
Y	US 4 353 958 A (KITA KATSUHIKO ET AL) 12 October 1982 (1982-10-12) column 5, lines 1-46; claim 1 -----	2,3
X	WO 02/053514 A (BOSCH AUTOMOTIVE SYSTEMS CORP ; KASUKAWA KAZUHISA (JP); OHNO KAZUTOSHI) 11 July 2002 (2002-07-11) Referenzen beziehen sich auf das folgende Dokument EP-A-1 354 861 paragraphs '0001!, '0314! - '0018!, '0107! - '0109!; claims 2,6,21,22 & EP 1 354 861 A (BOSCH AUTOMOTIVE SYSTEMS CORP) 22 October 2003 (2003-10-22) -----	1,2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/JP03/03239

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10062672	A	02-08-2001	DE 10062672 A1	02-08-2001
			DE 20023051 U1	09-01-2003
			AU 2830701 A	25-06-2001
			BR 0016390 A	20-08-2002
			CN 1409876 T	09-04-2003
			WO 0145138 A2	21-06-2001
			EP 1240675 A2	18-09-2002
			JP 2003529917 T	07-10-2003
			US 2002098333 A1	25-07-2002
JP 11228223	A	24-08-1999	NONE	
EP 0395018	A	31-10-1990	JP 2284483 A	21-11-1990
			JP 3042884 A	25-02-1991
			JP 3184386 A	12-08-1991
			DE 69020629 D1	10-08-1995
			DE 69020629 T2	11-01-1996
			EP 0395018 A2	31-10-1990
			US 5163209 A	17-11-1992
			US 5233260 A	03-08-1993
US 4353958	A	12-10-1982	JP 1189547 C	13-02-1984
			JP 55113665 A	02-09-1980
			JP 58017143 B	05-04-1983
			DE 3005057 A1	04-09-1980
			GB 2050344 A , B	07-01-1981
WO 02053514	A	11-07-2002	CN 1484624 T	24-03-2004
			EP 1354861 A1	22-10-2003
			WO 02053514 A1	11-07-2002
			JP 2002255644 A	11-09-2002
			US 2004072670 A1	15-04-2004
EP 1354861	A	22-10-2003	EP 1354861 A1	22-10-2003
			US 2004072670 A1	15-04-2004
			CN 1484624 T	24-03-2004
			WO 02053514 A1	11-07-2002
			JP 2002255644 A	11-09-2002

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 H01L41/107

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L H04R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 100 62 672 A (EPCOS AG) 2. August 2001 (2001-08-02) in der Anmeldung erwähnt Seite 2, Zeilen 3-10; Ansprüche 1-3, 7, 8, 16 Seite 3, Zeilen 34-46	1-3
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1999, Nr. 13, 30. November 1999 (1999-11-30) -& JP 11 228223 A (TOTO LTD), 24. August 1999 (1999-08-24) Zusammenfassung	1-3
	----- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*&amp;\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

27. Juli 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

05/08/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Laenen, R



## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 0 395 018 A (HITACHI LTD ; HITACHI METALS LTD (JP)) 31. Oktober 1990 (1990-10-31) Spalte 2, Zeilen 11-34 Spalte 3, Zeilen 3-26 Spalte 9, Zeilen 16-50 Spalte 10, Zeilen 9-13 Spalte 14, Zeilen 25-35	1
Y	US 4 353 958 A (KITA KATSUHIKO ET AL) 12. Oktober 1982 (1982-10-12) Spalte 5, Zeilen 1-46; Anspruch 1	2,3
X	WO 02/053514 A (BOSCH AUTOMOTIVE SYSTEMS CORP ; KASUKAWA KAZUHISA (JP); OHNO KAZUTOSHI) 11. Juli 2002 (2002-07-11) Referenzen beziehen sich auf das folgende Dokument EP-A-1 354 861 Absätze '0001!, '0314! - '0018!, '0107! - '0109!; Ansprüche 2,6,21,22 & EP 1 354 861 A (BOSCH AUTOMOTIVE SYSTEMS CORP) 22. Oktober 2003 (2003-10-22)	1,2

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung

n. [redacted] selben Patentfamilie gehören

Inte [redacted] Aktenzeichen

PCT/D [redacted] 3/03239

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10062672	A	02-08-2001	DE 10062672 A1	02-08-2001
			DE 20023051 U1	09-01-2003
			AU 2830701 A	25-06-2001
			BR 0016390 A	20-08-2002
			CN 1409876 T	09-04-2003
			WO 0145138 A2	21-06-2001
			EP 1240675 A2	18-09-2002
			JP 2003529917 T	07-10-2003
			US 2002098333 A1	25-07-2002
JP 11228223	A	24-08-1999	KEINE	
EP 0395018	A	31-10-1990	JP 2284483 A	21-11-1990
			JP 3042884 A	25-02-1991
			JP 3184386 A	12-08-1991
			DE 69020629 D1	10-08-1995
			DE 69020629 T2	11-01-1996
			EP 0395018 A2	31-10-1990
			US 5163209 A	17-11-1992
			US 5233260 A	03-08-1993
US 4353958	A	12-10-1982	JP 1189547 C	13-02-1984
			JP 55113665 A	02-09-1980
			JP 58017143 B	05-04-1983
			DE 3005057 A1	04-09-1980
			GB 2050344 A , B	07-01-1981
WO 02053514	A	11-07-2002	CN 1484624 T	24-03-2004
			EP 1354861 A1	22-10-2003
			WO 02053514 A1	11-07-2002
			JP 2002255644 A	11-09-2002
			US 2004072670 A1	15-04-2004
EP 1354861	A	22-10-2003	EP 1354861 A1	22-10-2003
			US 2004072670 A1	15-04-2004
			CN 1484624 T	24-03-2004
			WO 02053514 A1	11-07-2002
			JP 2002255644 A	11-09-2002